

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-172359

(43)Date of publication of application : 29.06.1999

(51)Int.Cl.

C22C 21/06
 C22F 1/05
 F16B 31/00
 F16B 35/00
 // C22F 1/00
 C22F 1/00
 C22F 1/00
 C22F 1/00
 C22F 1/00

(21)Application number : 09-341780

(71)Applicant : FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE

(22)Date of filing : 12.12.1997

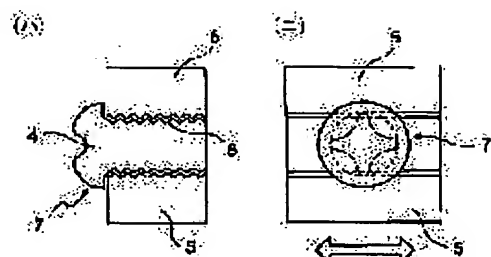
(72)Inventor : OKITA TOMIHARU
 HIDENO AKIRA

(54) SCREW MADE OF HIGH STRENGTH ALUMINUM ALLOY AND ITS PRODUCTION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To produce a screw (bolt) made of an aluminum alloy in which the length of crystal grains in the longitudinal direction is regulated to $\leq 100 \mu\text{m}$, tensile strength regulated to $\leq 350 \text{ N/mm}^2$, proof stress is regulated to $\leq 300 \text{ N/mm}^2$, elongation is regulated to $\geq 6\%$, and torsional strength is regulated to the value higher than that of AL3 (A6061-T6) by $\geq 10\%$.

SOLUTION: An aluminum alloy contg., by weight, 0.5 to 1.5% Mg, 0.5 to 1.5% Si, 0.5 to 1.5% Cu, 0.2 to 0.5% Mn, 0.005 to 0.1% Ti, 0.001 to 0.05% B and 0.05 to 0.25% Zr, and the balance aluminum with inevitable impurities is melted to cast, the obtd. ingot is subjected to homogenizing treatment and is next worked into a wire element 1 for a screw by an extrusion method, a reduction method or a rolling method while annealing is suitably executed, the working ratio after final annealing in this wire element for a screw is regulated to $\geq 40\%$, then, the wire element for a screw is annealed at a prescribed temp. and is formed into a screw 7, and this screw formed body is subjected to solution treatment, is thereafter rapidly cooled and is then subjected to artificial age hardening treatment.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

29.01.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

BLANK PAGE

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-172359

(43) 公開日 平成11年(1999) 6月29日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

C 2 2 C 21/06

C 2 2 C 21/06

C 2 2 F 1/05

C 2 2 F 1/05

F 1 6 B 31/00

F 1 6 B 31/00

Z

35/00

35/00

J

// C 2 2 F 1/00

6 0 2

C 2 2 F 1/00

6 0 2

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平9-341780

(22) 出願日

平成9年(1997)12月12日

(71) 出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72) 発明者 沖田 富晴

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内

(72) 発明者 秀野 晃

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内

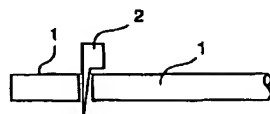
(54) 【発明の名称】 高強度アルミニウム合金製ねじおよびその製造方法

(57) 【要約】

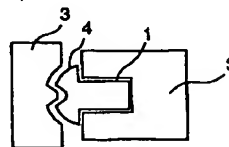
【課題】 長手方向の結晶粒長さを $100\mu\text{m}$ 以下、引張強さを 350N/mm^2 以上、耐力を 300N/mm^2 以上、伸びを 6% 以上、ねじり強さを AL3 (A6061-T6) のねじり強さより 10% 以上高い値のアルミニウム合金製ねじ (ボルト) を製造する。

【解決手段】 $\text{Mg}:0.5\sim1.5\text{wt}\%$ 、 $\text{Si}:0.5\sim1.5\text{wt}\%$ 、 $\text{Cu}:0.5\sim1.5\text{wt}\%$ 、 $\text{Mn}:0.2\sim0.5\text{wt}\%$ 、 $\text{Ti}:0.005\sim0.1\text{wt}\%$ 、 $\text{B}:0.001\sim0.05\text{wt}\%$ 、 $\text{Zr}:0.05\sim0.25\text{wt}\%$ を含有し、残部アルミニウムおよび不可避不純物からなるアルミニウム合金を溶解、鋳造し、得られる鋳塊を均質化処理し、次いで、適宜焼鈍を入れながら、押出法、抽伸法、または圧延法のいずれかによりねじ用素線に加工し、このねじ用素線の最終焼鈍後の加工率を 40% 以上とし、次いでこのねじ用素線を所定温度で焼鈍したのち、前記素線をねじに成形し、このねじ成形体を溶体化処理後急冷し、次いで人工時効硬化処理を行う。

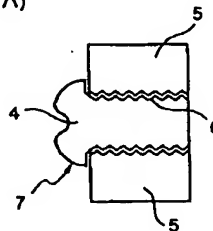
(イ)



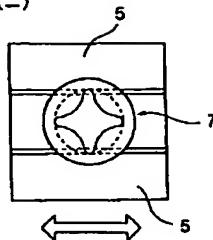
(ロ)



(ハ)



(ニ)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 Mg:0.5~1.5wt%、Si:0.5~1.5wt%、Cu:0.5~1.5wt%、Mn:0.2~0.5wt%、Ti:0.005~0.1wt%、B:0.001~0.05wt%、Zr:0.05~0.25wt%を含有し、残部アルミニウムおよび不可避不純物からなることを特徴とする高強度アルミニウム合金製ねじ。

【請求項2】 Mg:0.5~1.5wt%、Si:0.5~1.5wt%、Cu:0.5~1.5wt%、Mn:0.2~0.5wt%、Ti:0.005~0.1wt%、B:0.001~0.05wt%、Zr:0.05~0.25wt%を含有し、かつ、Sc、希土類元素、Vのうち少なくとも1種を含み、それぞれを単独で添加する場合は、Sc:0.05~1wt%、希土類元素:0.05~1wt%、V:0.05~0.5wt%とし、2種類以上を同時に添加する場合は、それぞれの添加量の総和が0.05~0.7wt%とし、残部アルミニウムおよび不可避不純物からなることを特徴とする高強度アルミニウム合金製ねじ。

【請求項3】 Mg:0.5~1.5wt%、Si:0.5~1.5wt%、Cu:0.5~1.5wt%、Mn:0.2~0.5wt%、Ti:0.005~0.1wt%、B:0.001~0.05wt%、Zr:0.05~0.25wt%を含有し、残部アルミニウムおよび不可避不純物からなるアルミニウム合金を溶解、鑄造し、得られる鑄塊を均質化処理し、次いで、適宜焼鈍を入れながら、押出法、抽伸法、または圧延法のいずれかによりねじ用素線に加工し、このねじ用素線の最終焼鈍後の加工率を40%以上とし、次いでこのねじ用素線を所定温度で焼鈍したのち、前記素線をねじに成形し、このねじ成形体を溶体化処理後急冷し、次いで人工時効硬化処理を行って、長手方向の結晶粒長さを200μm以下、引張強さを350N/mm²以上、耐力を300N/mm²以上、伸びを6%以上、ねじり強さをJIS-B-1057-1999のAL3(A6061-T6)のねじ強さより10%以上高い値にすることを特徴とする高強度アルミニウム合金製ねじの製造方法。

【請求項4】 Mg:0.5~1.5wt%、Si:0.5~1.5wt%、Cu:0.5~1.5wt%、Mn:0.2~0.5wt%、Ti:0.005~0.1wt%、B:0.001~0.05wt%、Zr:0.05~0.25wt%を含有し、かつ、Sc、希土類元素、Vのうち少なくとも1種を含み、それぞれを単独で添加する場合は、Sc:0.05~1wt%、希土類元素:0.05~1wt%、V:0.05~0.5wt%とし、2種類以上を同時に添加する場合は、それぞれの添加量の総和が0.05~0.7wt%とし、残部アルミニウムおよび不可避不純物からなるアルミニウム合金を溶解、鑄造し、得られる鑄塊を均質化処理し、次いで、適宜焼鈍を入れなが

ら、押出法、抽伸法、または圧延法のいずれかによりねじ用素線に加工し、このねじ用素線の最終焼鈍後の加工率を40%以上とし、次いでこのねじ用素線を所定温度で焼鈍したのち、前記素線をねじに成形し、このねじ成形体を溶体化処理後急冷し、次いで人工時効硬化処理を行って、長手方向の結晶粒長さを200μm以下、引張強さを350N/mm²以上、耐力を300N/mm²以上、伸びを6%以上、ねじり強さをJIS-B-1057-1999のAL3(A6061-T6)のねじ強さより10%以上高い値にすることを特徴とする高強度アルミニウム合金製ねじの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高強度の6000系アルミニウム合金製ねじおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】アルミニウム合金製構造物の組立てに用いる鋼製ねじ（ボルトを含む、以下ねじで代表する）

は、強度的には問題ないが、腐食環境では電食が起きるためZnまたはNiをめっきして用いられる。しかしめっきが剥がれたり或いは腐食環境が特に悪いときは電食を防止することができない。鋼製のねじについてはJIS-B-1051-1991「鋼製ボルト・小ねじの機械的性質」で規格されている。ステンレス製ねじはアルミニウム合金と相性が良く電食し難いので、A6063合金の窓用サッシを始めとする多くのアルミニウム合金製構造物に用いられている。ステンレス製ねじについてはJIS-B-1054-1991「ステンレス鋼製耐食ねじ部品の機械的性質」で規格されている。

【0003】ところで、近年、地球資源の有効活用、省エネルギー、環境の清浄化等の観点から、材料のリサイクルが強く叫ばれている。アルミニウムは、原料のボーキサイトを精錬し地金にするには莫大な電気エネルギーを要するが、アルミニウムは低融点のためアルミスクラップの再溶解にはそれほどエネルギーを要さずリサイクル効果が大きい。しかし、アルミニウム合金製構造物のスクラップは、そのまま再溶解すると鋼製またはステンレス製ねじが溶解するため、得られるアルミニウム合金の純度が低下する。ねじを外して再溶解するのは手間を要しリサイクル効果が半減する。

【0004】前記再溶解による純度低下の問題はアルミニウム合金製ねじを用いることにより解決でき、現にアルミニウム合金製ねじは市販されている。リサイクルの点からは、例えば、A6063合金製窓用サッシには、同じ6000系合金のねじを使用することが望ましい。アルミニウム合金製ねじについてはJIS-B-1057-1999「非鉄金属製ねじ部品の機械的性質」で規格されている。

【0005】一方、自動車産業では省エネルギーや環境

清浄化に対して努力が続けられ、その最も有力な対策は、車体をアルミ化して軽くすることに落ち着きつつある。アルミ車体の構造は、プレス加工板に強度メンバーを兼用させた従来のモノコック式から、骨となる形材にボディーを載せるスペースフレーム式が検討されている。前記形材には高強度で押出性にも優れるJIS-A6000系合金が採用される公算が高い。形材とボディーの接合には、従来の抵抗スポット溶接に代わって信頼性が高く省エネ的なねじを用いた機械的接合が大々的に採用される見通しである。アルミ車体の自動車にもリサイクル性が要求され、そこには当然アルミ合金製ねじが使

*用され、その合金には形材と同じ6000系合金が望ましい。

【0006】ところで、JIS-B-1057「非鉄金属製ねじ部品の機械的性質」には、アルミニウム合金製ねじとして、AL1(A5052)、AL2(A5056)、AL3(A6061)、AL4(A2024)、AL5(7N01)、AL6(A7075)の6種類が規格化されている。ねじ(ボルトを含む)の規格を表1に示す。

【0007】

【表1】

合金記号	引張強 N/mm ²	耐力 N/mm ²	伸び %	摘要範囲例	ねじり 強さ①	質別
AL1(A5052)	270	230	3	M1.6~M10	1.1	H14~H16
AL2(A5056)	310	205	6	M1.6~M14	1.3	H14~H16
AL3(A6061)	320 310	250 260	7 10	M1.6~M6 M6超~14	1.4	T6
AL4(A2024)	420	290	6	M1.6~M10	1.8	T4
AL5(A7N01)	460	380	7	M1.6~M39	1.9	T6
AL6(A7075)	510	440	7	M1.6~M39	2.2	T6

(注) ①M4のねじり強さ、単位：N・M。ねじり強さは各ねじ径ごとに規定されている。

【0008】次に、前記ねじの従来の製造工程を示す。

- (1)AL1(A5052)………鋳造→均質化処理→押出→抽伸→素線→①②
→①H16材→切削加工→完成
→②O材→ヘッダー加工、ねじ転造加工(H16)→完成
- (2)AL2(A5056)………鋳造→均質化処理→押出→抽伸→素線→①②
→①H16材→切削加工→完成
→②O材→ヘッダー加工、ねじ転造加工(H16)→完成
- (3)AL3(A6061)………鋳造→均質化処理→押出→抽伸→素線→①②
→①T6処理→切削加工→完成
→②O材→ヘッダー加工、ねじ転造加工→T6処理→完成
- (4)AL4(A2024)………鋳造→均質化処理→押出→抽伸→素線→①②
→①T4処理→切削加工→完成
→②O材→ヘッダー加工、ねじ転造加工→T4処理→完成
- (5)AL5(A7N01)………鋳造→均質化処理→押出→抽伸→素線→①②
→①T6処理→切削加工→完成
→②O材→ヘッダー加工、ねじ転造加工→T6処理→完成
- (6)AL6(A7075)………鋳造→均質化処理→押出→抽伸→素線→①②
→①T6処理→切削加工→完成
→②O材→ヘッダー加工、ねじ転造加工→T6処理→完成

【0009】

50 【発明が解決しようとする課題】前記工程で作製した従

来のねじを窓用サッシや自動車に用いる場合の問題点は次の通りである。

(1)AL1 (A5052) は6000系合金ではないのでリサイクル性に劣る。切削加工材は強度が低く(300N/mm²以下)、加工コストが高い。ヘッダー加工・ねじ転造加工材は強度が低い(300N/mm²以下)。

(2)AL2 (5056) は6000系でないのでリサイクル性に劣る。切削加工材はコストが高い。ヘッダー加工・ねじ転造加工材は加工性が悪いので加工中に割れ易い。

(3)AL3 (A6061) については、切削加工材は加工コストが高い。ヘッダー加工・ねじ転造加工材は加工性が悪く加工中に割れ易い。

(4)AL4 (A2024) は6000系でないのでリサイクル性に劣る。また腐食し易い。切削加工材は加工コストが高い。ヘッダー加工・ねじ転造加工材は加工性が悪く加工中に割れ易い。

(5)AL5 (A7N01) は6000系でないのでリサイクル性に劣る。また腐食し易い。切削加工材は加工コストが高い。ヘッダー加工・ねじ転造加工材は加工性が悪く加工中に割れ易い。

(6)AL6 (A7075) は6000系でないのでリサイクル性に劣る。また腐食し易い。切削加工材は加工コストが高い。ヘッダー加工・ねじ転造加工材は加工性が悪く加工中に割れ易い。

【0010】前記ねじ規格の中に6000系合金を求めるとAL3がある。AL3 (A6061-T6) は、引張強さ320N/mm²、耐力250N/mm²、伸び7%、ねじり強さ(M4) 1.4N・mが規格値である。自動車の組立構造に用いられるねじには、引張強さ350N/mm²以上、耐力300N/mm²以上、伸び6%以上が要求され、ねじり強さは従来のボルト・ナット式からタッピングねじ式に移行する傾向が見られるためAL3の規格値の10%以上高い値が望まれている。さらに、錆びないこと、低コストなことも望まれる。本発明は、引張強さ350N/mm²以上、耐力300N/mm²以上、伸び6%以上、ねじり強さがAL3規格値の10%以上高く、自動車の組立構造に十分耐える機械的性質を有し、しかも錆び難く、低コストの高強度アルミニウム合金製ねじの提供を目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、Mg:0.5~1.5wt%、Si:0.5~1.5wt%、Cu:0.5~1.5wt%、Mn:0.2~0.5wt%、Ti:0.005~0.1wt%、B:0.001~0.05wt%、Zr:0.05~0.25wt%を含有し、残部アルミニウムおよび不可避不純物からなることを特徴とする高強度アルミニウム合金製ねじである。

【0012】請求項2記載の発明は、Mg:0.5~

1.5wt%、Si:0.5~1.5wt%、Cu:0.5~1.5wt%、Mn:0.2~0.5wt%、Ti:0.005~0.1wt%、B:0.001~0.05wt%、Zr:0.05~0.25wt%を含有し、かつ、Sc、希土類元素、Vのうち少なくとも1種を含み、それぞれを単独で添加する場合は、Sc:0.05~1wt%、希土類元素:0.05~1wt%、V:0.05~0.5wt%とし、2種類以上を同時に添加する場合は、それぞれの添加量の総和が0.05~0.7wt%とし、残部アルミニウムおよび不可避不純物からなることを特徴とする高強度アルミニウム合金製ねじである。

【0013】請求項3記載の発明は、Mg:0.5~1.5wt%、Si:0.5~1.5wt%、Cu:0.5~1.5wt%、Mn:0.2~0.5wt%、Ti:0.005~0.1wt%、B:0.001~0.05wt%、Zr:0.05~0.25wt%を含有し、残部アルミニウムおよび不可避不純物からなるアルミニウム合金を溶解、鑄造し、得られる鑄塊を均質化处理し、次いで、適宜焼鈍を入れながら、押出法、抽伸法、または圧延法のいずれかによりねじ用素線に加工し、このねじ用素線の最終焼鈍後の加工率を40%以上とし、次いでこのねじ用素線を所定温度で焼鈍したのち、前記素線をねじに成形し、このねじ成形体を溶体化処理後急冷し、次いで人工時効硬化処理を行って、長手方向の結晶粒長さを200μm以下、引張強さを350N/mm²以上、耐力を300N/mm²以上、伸びを6%以上、ねじり強さをJIS-B-1057-1999のAL3 (A6061-T6)のねじ強さより10%以上高い値にすることを特徴とする高強度アルミニウム合金製ねじの製造方法である。

【0014】請求項4記載の発明は、Mg:0.5~1.5wt%、Si:0.5~1.5wt%、Cu:0.5~1.5wt%、Mn:0.2~0.5wt%、Ti:0.005~0.1wt%、B:0.001~0.05wt%、Zr:0.05~0.25wt%を含有し、かつ、Sc、希土類元素、Vのうち少なくとも1種を含み、それぞれを単独で添加する場合は、Sc:0.05~1wt%、希土類元素:0.05~1wt%、V:0.05~0.5wt%とし、2種類以上を同時に添加する場合は、それぞれの添加量の総和が0.05~0.7wt%とし、残部アルミニウムおよび不可避不純物からなるアルミニウム合金を溶解、鑄造し、得られる鑄塊を均質化处理し、次いで、適宜焼鈍を入れながら、押出法、抽伸法、または圧延法のいずれかによりねじ用素線に加工し、このねじ用素線の最終焼鈍後の加工率を40%以上とし、次いでこのねじ用素線を所定温度で焼鈍したのち、前記素線をねじに成形し、このねじ成形体を溶体化処理後急冷し、次いで人工時効硬化処理を行って、長手方向の結晶粒長さを200μm以下、引張強さを350N/mm²以上、耐力を300N/mm²以上、伸びを6%以上、ねじり

強さをJIS-B-1057-1993のAL3(A6061-T6)のねじ強さより10%以上高い値にすることを特徴とする高強度アルミニウム合金製ねじの製造方法である。

【0015】

【発明の実施の形態】本発明において、MgとSiは本発明ねじの主要構成元素で、強度向上に寄与する。MgとSiが共存するときは、焼入れおよび人工時効硬化処理によってMg、Siが析出して強度が向上する。本発明において、Mgを0.5~1.5wt%、Siを0.5~1.5wt%にそれぞれ規定する理由は、いずれが0.5wt%未満でもその強度が十分向上せず、またいずれが1.5wt%を超えても引張特性、ねじり強さ、ヘッダー加工性、および転造加工性が低下するためである。

【0016】Cuは、Mg、Siと共に強度向上に寄与する。その含有量を0.5~1.5wt%に規定する理由は、0.5%未満ではその効果が十分に得られず、1.5wt%を超えると、引張特性、ねじり強さ、ヘッダー加工性、転造加工性、耐蝕性が低下するためである。

【0017】Mnは一部マトリックスに固溶して強度向上に寄与する。また不純物として含有されるAl-Fe系化合物と結合してAl-Fe-Mn系のロッド状化合物を形成しヘッダー加工性および転造加工性の向上に寄与する。さらにMnはMg、Siの析出を促進する。Mnは0.2wt%未満ではその効果が十分に得られず、1.5wt%を超えると巨大な介在物が生成して、引張特性、ねじり強さ、ヘッダー加工性、および転造加工性が低下する。従ってMnは0.2~0.5wt%含有させる。

【0018】Tiまたは／およびBは铸造割れ性を改善し、またヘッダー加工性および転造加工性を向上させる。Tiが0.005wt%未満、或いはBが0.001wt%未満ではその効果が十分に得られず、Tiが0.1wt%を超え、或いはBが0.05wt%を超えると粗大な介在物が生成して引張特性、ねじり強さ、ヘッダー加工性、および転造加工性が低下する。従って、Tiは0.005~0.1wt%、Bは0.001~0.05wt%含有させる。

【0019】Zrは熱処理時の結晶粒の粗大化を防止し、特にヘッダー加工性および転造加工性を向上させる。Zrの含有量は、0.05wt%未満ではその効果が十分に得られず、0.25wt%を超えると粗大な介在物が生成して、引張特性、ねじり強さ、ヘッダー加工性、および転造加工性が低下する。

【0020】Sc、希土類元素、Vは、いずれも結晶組織の微細化を助長し、また引張強さ、ねじり強さ、ヘッダー加工性、転造加工性を改善する。Sc、希土類元素、Vを単独で用いる場合は、それぞれ、0.05wt%未満ではその効果が十分に得られず、Sc、希土類元素の含有量が1wt%を超えると、またVの含有量が0.5

wt%を超えると粗大な介在物が生成し、引張特性、ねじり強さ、ヘッダー加工性、および転造加工性が低下する。Sc、希土類元素、Vのうちの2以上を含有させる場合は、各含有量(wt%)の和が0.05wt%未満ではその効果が十分に得られず、Sc、希土類元素、Vの含有量の和が0.7wt%を超えると粗大な介在物が生成して、引張特性、ねじり強さ、ヘッダー加工性、および転造加工性が低下する。

【0021】希土類元素としては、La、Ce、Pr、Nd、Sm等のうち1種又は2種以上用いることができ、これらのうちいずれか1種の含有量、あるいは2種以上の合計の含有量が0.05~1wt%の範囲であれば良い。前記諸元素のうちの2種以上を含む合金として、例えば、Ce、Laを主成分とするミッシュメタル(通常、Ce45~50wt%、La20~40wt%、残部その他の希土類元素(Pr、Nd、Sm等)と不可避不純物からなる)がある。前記の各希土類元素やミッシュメタルは、いずれも同等の効果を示すが、価格的には、ミッシュメタルの方が希土類元素単体より安く有利である。

【0022】本発明では、前記合金を、常法により、溶解、铸造し、得られる鑄塊に均質化処理を施したのち、押出、抽伸、または圧延のいずれかの方法により、焼鈍を入れながら、ねじ用素線に加工する。本発明において、ねじ用素線の最終焼鈍後の加工率を40%以上にする理由は、加工率が40%未満では、その後の焼鈍で、Zrが添加されているとは言え、結晶粒が粗大化し、ヘッダー加工性および転造加工性が低下し、ねじ加工中に割れ等の欠陥が発生し易くなるためである。ねじ用素線の最終焼鈍後の加工度を40%以上にとると、Zrとの相乗効果でその後の焼鈍でも結晶粒が粗大化せず、結晶粒は微細なままで、ねじのヘッダー加工および転造加工中に割れ等の欠陥が発生せず、加工が容易に行われる。

【0023】ねじ用素線は、ねじ加工などがし易くなるように焼鈍したのち、ヘッダー加工および転造加工によりねじ形状に加工される。次いで焼入れ、人工時効硬化処理を施して強度を高めてねじが完成する。このような工程で加工することにより、ねじの長手方向の結晶粒の平均長さが200μm以下に押さえられる。また引張強さを350N/mm²以上、耐力を300N/mm²以上、伸びを6%以上、ねじり強さをJIS-B-1057-1993のAL3(A6061-T6)の10%以上高い値にすることができる。本発明で、ねじの長手方向の結晶粒の平均長さを200μm以下に押さえる理由は、200μmを超えると靱性が低下し、ねじの締め付け時に割れたりするためである。前記結晶粒の平均長さは100μm以下が特に望ましい。

【0024】

【実施例】(実施例1)表2のNo.1~27に示す本発明組

成のアルミニウム合金を半連続铸造法で219mmφの

ピレットに鋳造し、得られた鋳塊を長さ300mmに切断し、これを540℃で4時間均質化処理し、次いで470℃で熱間押出して9mmφの線材とし、この線材を表4に示す製造工程Aにより3.46mmφの素線に加工した。次いでこの素線1を切断機2で所定長さに切断し(図1イ)、これをヘッダー加工機3により頭部4を形成し(図1ロ)、ねじ転造加工機5によりねじ部6を形成し(図1ハ、ニ)た。次に540℃で1時間加熱後水焼き入れたのち、180℃で8時間人工時効硬化処理を行ってM4のねじを製造した。M4ねじ7の寸法を

【0025】(比較例1)表3のNo.28~49に示す本発明組成以外のアルミニウム合金を半連続鋳造法で219mmφのピレットに鋳造し、得られた鋳塊を長さ300*

(1)ヘッダー加工性:ヘッダー加工が問題なくできたもの…良(○)。

ヘッダー加工中割れたもの……………不良(×)。

(2)転造加工性:M4のねじ加工が問題なくできたもの…良(○)。

M4のねじ転造中に割れたもの……………不良(×)。

(3)引張特性:図3に示すように、M4ねじ7を上チャック8と下チャック9で挟んで引張試験した。

引張強さが350N/mm²以上のもの……………良(○)。

引張強さが350N/mm²未満のもの……………不良(×)。

耐力が300N/mm²以上のものを……………良(○)。

耐力が300N/mm²未満のものを……………不良(×)。

伸びが6%以上のもの……………良(○)。

伸びが6%未満のもの……………不良(×)。

(4)ねじり強さ:図4に示すように、M4ねじ7を固定治具10にハンドル11を回してしっかり固定したのち、M4ねじ7をトルクメーター12に取付けたプラスドライバー13で破断するまで回し、破断時のトルク値※

ねじり強さが1.54N・m以上のもの……………良(○)。

ねじり強さが1.54N・m未満のもの……………不良(×)。

(5)結晶粒長さの測定:図5(イ)、(ロ)に示すように、M4ねじ7を縦に切断し、その断面を研磨したのち、エッチングして、金属顕微鏡で14の部分を観察★

平均値が200μm以下のもの……………良(○)。

平均値が200μmを超えたもの……………不良(×)。

(6)腐食試験方法:図6に示すように、M4ねじ7と同じ材質のナット16でA6063合金板(3×100×100mm)17を締めつけて試験体とし、これをステンレス製の槽18中の5%食塩水19中に浸漬した。☆

耐食性がA6061製ボルトと同等のもの……………良(○)。

耐食性がA6061製ボルトより劣るもの……………不良(×)。

【0028】

*mmに切断し、これを540℃で4時間均質化処理し、次いで470℃で熱間押出して9mmφの線材とし、この線材を表4に示す製造工程Bにより3.46mmφの素線とし、この素線を実施例1と同じように加工してM4のねじを製造した。

【0026】(従来例1)表3のNo.50~54に示す従来合金(A6061、A5052、A5056、A2024、A7N01)を半連続鋳造法で219mmφのピレットに鋳造し、得られた鋳塊を比較例1と同じように加工してM4のねじを製造した。

【0027】得られた各々のねじについて、ねじ加工性(ヘッダー加工性、ねじ転造性)を調べた。また引張試験、ねじり試験、長手方向の断面のミクロ組織観察、腐食試験を行った。結果を表4~7に示す。試験、観察方法、或いは良、不良の判定基準を下記に示す。

※(ねじり強さ)を求めた。ねじり強さの基準値はAL3の規格値1.4N・mより10%以上高い1.54N・mとした。

★し、各結晶粒の長手方向の長さ15を50個の結晶粒について測定した。

40☆前記試験体は絶縁性のベークライト台20上に配置した。1000時間経過後、試験体を取り出し腐食状況を調べた。

【表2】

種別	合金 No	合金組成 (重量%)										*ミッシュメタル					備考
		Mg	Si	Cu	Mn	Ti	B	Zr	Sc	MM*	V	Al					
本発明 合金	1	0.5	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	—	—	—	残					
	2	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	—	—	—	残					
	3	1.5	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	—	—	—	残					
	4	1.0	0.5	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	—	—	—	残					
	5	1.0	1.5	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	—	—	—	残					
	6	1.0	0.8	0.5	0.3	0.05	0.01	0.15	—	—	—	残					
	7	1.0	0.8	1.5	0.3	0.05	0.01	0.15	—	—	—	残					
	8	1.0	0.8	0.8	0.2	0.05	0.01	0.15	—	—	—	残					
	9	1.0	0.8	0.8	0.5	0.05	0.01	0.15	—	—	—	残					
	10	1.0	0.8	0.8	0.3	0.005	0.01	0.15	—	—	—	残					
	11	1.0	0.8	0.8	0.3	0.1	0.01	0.15	—	—	—	残					
	12	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.001	0.15	—	—	—	残					
	13	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.05	0.15	—	—	—	残					
	14	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.05	—	—	—	残					
	15	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.25	—	—	—	残					
	16	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	0.05	—	—	残					
	17	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	0.5	—	—	残					
	18	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	1	—	—	残					
	19	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	—	0.05	—	残					
	20	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	—	0.5	—	残					
	21	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	—	1	—	残					
	22	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	—	—	0.05	残					
	23	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	—	—	0.25	残					
	24	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15			0.5	残					
	25	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	Sc+MM+V= 0.05			残					
	26	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	Sc+MM+V= 0.35			残					
	27	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	Sc+MM+V= 0.7			残					

種別	合金 No	合金組成 (重量%)						*ミッシュメタル						備考
		Mg	Si	Cu	Mn	Ti	B	Zr	Sc	MM*	V	Al		
比較 合金	28	0.3	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	—	—	—	残		
	29	2.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	—	—	—	残		
	30	1.0	0.3	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	—	—	—	残		
	31	1.0	2.0	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	—	—	—	残		
	32	1.0	0.8	0.3	0.3	0.05	0.01	0.15	—	—	—	残		
	33	1.0	0.8	2.0	0.3	0.05	0.01	0.15	—	—	—	残		
	34	1.0	0.8	0.8	0.1	0.05	0.01	0.15	—	—	—	残		
	35	1.0	0.8	0.8	0.7	0.05	0.01	0.15	—	—	—	残		
	36	1.0	0.8	0.8	0.3	0.001	0.01	0.15	—	—	—	残		
	37	1.0	0.8	0.8	0.3	0.2	0.01	0.15	—	—	—	残		
	38	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.0005	0.15	—	—	—	残		
	39	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.03	0.15	—	—	—	残		
	40	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.03	—	—	—	残		
	41	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.3	—	—	—	残		
	42	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	0.03	—	—	残		
	43	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	1.5	—	—	残		
	44	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	—	0.03	—	残		
	45	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	—	1.5	—	残		
	46	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	—	—	0.03	残		
	47	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	—	—	1.0	残		
48	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	Sc+MM+V=0.03			残			
49	1.0	0.8	0.8	0.3	0.05	0.01	0.15	Sc+MM+V=1			残			
従来 合金	50	1.0	0.7	0.2	—	0.05	0.001	—	—			残	6061	
	51	2.5	0.15	—	—	0.05	0.001	—	Cr:0.20			残	5052	
	52	5.0	0.15	—	0.1	0.05	0.001	—	Cr:0.20			残	5056	
	53	1.4	0.15	4.3	0.6	0.05	0.001	—	—			残	2024	
	54	1.5	0.15	—	0.5	0.05	0.001	—	Zn:4.5			残	7001	

【0030】

【表4】

製造工程A	製造工程B
<p>・鋳造：219φ半連続鋳造でピレット作製</p> <p>↓</p> <p>・均質化処理：540℃×4時間</p> <p>↓</p> <p>・押出：押出温度（470℃） 9φ×L（長さ）</p> <p>↓</p> <p>・焼鈍：360℃×1時間</p> <p>↓</p> <p>・線引き（抽伸）50%加工 6.5φ×L（長さ）</p> <p>↓</p> <p>・焼鈍：360℃×1時間</p> <p>↓</p> <p>・線引き（抽伸）43%加工 4.9φ×L（長さ）</p> <p>↓</p> <p>・焼鈍：360℃×1時間</p> <p>↓</p> <p>・線引き（抽伸）50%加工 3.46φ×L（長さ）</p> <p>↓</p> <p>・焼鈍：360℃×1時間</p> <p>↓</p> <p>・素線完成</p> <p>↓</p> <p>・切断</p> <p>↓</p> <p>・ヘッダー加工</p> <p>↓</p> <p>・ねじ転造</p> <p>↓</p> <p>・ねじ加工完了</p> <p>↓</p> <p>・焼入れ：540℃×1時間 →水冷</p> <p>↓</p> <p>・焼き戻：180℃×8時間</p> <p>↓</p> <p>・ねじ完成</p>	<p>・鋳造：219φ半連続鋳造でピレット作製</p> <p>↓</p> <p>・均質化処理：540℃×4時間</p> <p>↓</p> <p>・押出：押出温度（470℃） 9φ×L（長さ）</p> <p>↓</p> <p>・焼鈍：360℃×1時間</p> <p>↓</p> <p>・線引き（抽伸）50%加工 6.5φ×L（長さ）</p> <p>↓</p> <p>・焼鈍：360℃×1時間</p> <p>↓</p> <p>・線引き（抽伸）43%加工 4.9φ×L（長さ）</p> <p>↓</p> <p>・焼鈍：360℃×1時間</p> <p>↓</p> <p>・線引き（抽伸）30%加工 4.1φ×L（長さ）</p> <p>↓</p> <p>・焼鈍：360℃×1時間</p> <p>↓</p> <p>・線引き（抽伸）30%加工 3.46φ×L（長さ）</p> <p>↓</p> <p>・焼鈍：360℃×1時間</p> <p>↓</p> <p>・素線完成</p> <p>↓</p> <p>・切断</p> <p>↓</p> <p>・ヘッダー加工</p> <p>↓</p> <p>・ねじ転造</p> <p>↓</p> <p>・ねじ加工完了</p> <p>↓</p> <p>・焼入れ：540℃×1時間 →水冷</p> <p>↓</p> <p>・焼き戻：180℃×8時間</p> <p>↓</p> <p>・ねじ完成</p>

【0031】

【表5】

種別	試料 No	合金 No	素線 製造 方法	加工性評価		ねじの引張試験				ねじり試験		引張組織試験		腐食試験		総合 評価	
				ヘッジ 加工	ねじ 転造	引張強さ N/mm ²	耐力 N/mm ²	伸び %	特性 評価	ねじり強 さ N/mm ²	特性 評価	結晶粒 径μm	特性 評価	外観 状態	特性 評価		
本発明例	1	1	A	○	○	353	○	303	○	14	○	○	1.55	○	○	○	○
	2	2	A	○	○	362	○	313	○	13	○	○	1.59	○	○	○	○
	3	3	A	○	○	421	○	360	○	7	○	○	1.85	○	○	○	○
	4	4	A	○	○	352	○	303	○	15	○	○	1.54	○	○	○	○
	5	5	A	○	○	416	○	358	○	8	○	○	1.83	○	○	○	○
	6	6	A	○	○	352	○	303	○	15	○	○	1.54	○	○	○	○
	7	7	A	○	○	413	○	357	○	8	○	○	1.81	○	○	○	○
	8	8	A	○	○	359	○	309	○	13	○	○	1.58	○	○	○	○
	9	9	A	○	○	373	○	319	○	12	○	○	1.64	○	○	○	○
	10	10	A	○	○	358	○	308	○	14	○	○	1.57	○	○	○	○
	11	11	A	○	○	358	○	318	○	13	○	○	1.61	○	○	○	○
	12	12	A	○	○	353	○	305	○	14	○	○	1.55	○	○	○	○
	13	13	A	○	○	367	○	317	○	14	○	○	1.61	○	○	○	○
	14	14	A	○	○	353	○	305	○	15	○	○	1.55	○	○	○	○

【0032】

* * 【表6】

種別	試料 No	合金 No	素線 製造 方法	加工性評価		ねじの引張試験				ねじり試験		引張組織試験		腐食試験		総合 評価	
				ヘッジ 加工	ねじ 転造	引張強さ N/mm ²	耐力 N/mm ²	伸び %	特性 評価	ねじり強 さ N/mm ²	特性 評価	結晶粒 径μm	特性 評価	外観 状態	特性 評価		
本発明例	15	15	A	○	○	410	○	352	○	9	○	○	1.80	○	○	○	○
	16	16	A	○	○	383	○	329	○	11	○	○	1.68	○	○	○	○
	17	17	A	○	○	395	○	340	○	9	○	○	1.73	○	○	○	○
	18	18	A	○	○	407	○	348	○	9	○	○	1.79	○	○	○	○
	19	19	A	○	○	380	○	325	○	11	○	○	1.67	○	○	○	○
	20	20	A	○	○	394	○	339	○	10	○	○	1.73	○	○	○	○
	21	21	A	○	○	406	○	347	○	9	○	○	1.78	○	○	○	○
	22	22	A	○	○	378	○	324	○	12	○	○	1.66	○	○	○	○
	23	23	A	○	○	392	○	333	○	10	○	○	1.72	○	○	○	○
	24	24	A	○	○	404	○	343	○	9	○	○	1.77	○	○	○	○
	25	25	A	○	○	377	○	325	○	12	○	○	1.65	○	○	○	○
	26	26	A	○	○	385	○	333	○	10	○	○	1.69	○	○	○	○
	27	27	A	○	○	395	○	342	○	9	○	○	1.73	○	○	○	○

【0033】

【表7】

種別	試料 No	合金 No	素線 製造 方法	加工性評価		ねじの引張試験				ねじり試験		ミクロ組織試験		腐食試験		総合 評価
				ヘダ 加工	ねじ 製造	引張強さ N/mm ²	耐力 N/mm ²	伸び %	特性 評価	ねじり強 さ N/mm ²	特性 評価	結晶粒 径μm	特性 評価	外観 状態	特性 評価	
本発明例	28	1	B	○	○	351 ○	300 ○	15 ○	○	1.54 ○	○	197	○	○	○	○
	29	2	B	○	○	357 ○	303 ○	15 ○	○	1.57 ○	○	154	○	○	○	○
	30	3	B	○	○	415 ○	345 ○	8 ○	○	1.81 ○	○	118	○	○	○	○
	31	4	B	○	○	340 ○	300 ○	17 ○	○	1.54 ○	○	192	○	○	○	○
	32	5	B	○	○	403 ○	347 ○	10 ○	○	1.78 ○	○	135	○	○	○	○
	33	6	B	○	○	341 ○	301 ○	18 ○	○	1.54 ○	○	198	○	○	○	○
	34	7	B	○	○	407 ○	350 ○	10 ○	○	1.80 ○	○	112	○	○	○	○
	35	8	B	○	○	347 ○	304 ○	15 ○	○	1.57 ○	○	199	○	○	○	○
	36	9	B	○	○	353 ○	311 ○	13 ○	○	1.62 ○	○	140	○	○	○	○
	37	10	B	○	○	351 ○	302 ○	15 ○	○	1.57 ○	○	182	○	○	○	○
	38	11	B	○	○	352 ○	315 ○	15 ○	○	1.59 ○	○	101	○	○	○	○
	39	12	B	○	○	351 ○	303 ○	16 ○	○	1.54 ○	○	163	○	○	○	○
	40	13	B	○	○	353 ○	313 ○	15 ○	○	1.60 ○	○	81	○	○	○	○
	41	14	B	○	○	350 ○	302 ○	17 ○	○	1.54 ○	○	193	○	○	○	○

【0034】

* * 【表8】

種別	試料 No	合金 No	素線 製造 方法	加工性評価		ねじの引張試験				ねじり試験		ミクロ組織試験		腐食試験		総合 評価
				ヘダ 加工	ねじ 製造	引張強さ N/mm ²	耐力 N/mm ²	伸び %	特性 評価	ねじり強 さ N/mm ²	特性 評価	結晶粒 径μm	特性 評価	外観 状態	特性 評価	
本発明例	42	15	B	○	○	405 ○	347 ○	11 ○	○	1.75 ○	○	132	○	○	○	○
	43	16	B	○	○	377 ○	323 ○	13 ○	○	1.65 ○	○	173	○	○	○	○
	44	17	B	○	○	381 ○	336 ○	12 ○	○	1.70 ○	○	131	○	○	○	○
	45	18	B	○	○	400 ○	345 ○	13 ○	○	1.73 ○	○	112	○	○	○	○
	46	19	B	○	○	377 ○	322 ○	13 ○	○	1.65 ○	○	147	○	○	○	○
	47	20	B	○	○	389 ○	333 ○	12 ○	○	1.69 ○	○	131	○	○	○	○
	48	21	B	○	○	403 ○	345 ○	12 ○	○	1.75 ○	○	102	○	○	○	○
	49	22	B	○	○	372 ○	321 ○	15 ○	○	1.63 ○	○	141	○	○	○	○
	50	23	B	○	○	387 ○	330 ○	13 ○	○	1.66 ○	○	128	○	○	○	○
	51	24	B	○	○	400 ○	341 ○	13 ○	○	1.72 ○	○	99	○	○	○	○
	52	25	B	○	○	375 ○	320 ○	15 ○	○	1.61 ○	○	143	○	○	○	○
	53	26	B	○	○	381 ○	330 ○	13 ○	○	1.63 ○	○	120	○	○	○	○
	54	27	B	○	○	392 ○	337 ○	12 ○	○	1.69 ○	○	83	○	○	○	○

【0035】

【表9】

種別	試料 No	合金 No	素線 製造 方法	加工性評価		ねじの引張試験				ねじり試験		ミクロ組織試験		腐食試験		総合 評価
				ヘッジ 加工	ねじ 転造	引張強さ N/mm ²	耐力 N/mm ²	伸び %	特性 評価	ねじり強 さ N/mm ²	特性 評価	結晶粒 径μm	特性 評価	外観 状態	特性 評価	
比較例	55	28	A	○	○	221 ×	197 ×	15 ○	×	0.97 ×	×	300	×	○	○	×
	56	29	A	○	○	342 ×	291 ×	6 ○	×	1.50 ×	×	130	○	○	○	×
	57	30	A	○	○	243 ×	216 ×	12 ○	×	1.07 ×	×	255	×	○	○	×
	58	31	A	○	○	349 ×	295 ×	5 ×	×	1.53 ×	×	172	○	×	×	×
	59	32	A	○	○	311 ×	274 ×	12 ○	×	1.36 ×	×	247	×	×	×	×
	60	33	A	×	×	331 ×	286 ×	5 ○	×	1.45 ×	×	164	○	○	○	×
	61	34	A	×	×	334 ×	293 ×	8 ○	×	1.47 ×	×	245	×	○	○	×
	62	35	A	×	×	343 ×	293 ×	5 ○	×	1.50 ×	×	148	○	○	○	×
	63	36	A	×	×	342 ×	297 ×	7 ○	×	1.50 ×	×	375	×	○	○	×
	64	37	A	×	×	329 ×	284 ×	5 ○	×	1.44 ×	×	96	○	○	○	×
	65	38	A	×	×	345 ×	295 ×	8 ○	×	1.51 ×	×	253	×	○	○	×
	66	39	A	×	×	334 ×	293 ×	6 ○	×	1.47 ×	×	100	○	○	○	×

【0036】

* * 【表10】

種別	試料 No	合金 No	素線 製造 方法	加工性評価		ねじの引張試験				ねじり試験		ミクロ組織試験		腐食試験		総合 評価
				ヘッジ 加工	ねじ 転造	引張強さ N/mm ²	耐力 N/mm ²	伸び %	特性 評価	ねじり強 さ N/mm ²	特性 評価	結晶粒 径μm	特性 評価	外観 状態	特性 評価	
比較例	67	40	A	×	×	346 ×	292 ×	7 ○	×	1.52 ×	×	235	×	○	○	×
	68	41	A	×	×	337 ×	284 ×	7 ○	×	1.48 ×	×	110	○	○	○	×
	69	42	A	×	×	359 ○	309 ○	13 ○	○	1.58 ○	○	176	○	○	○	×
	70	43	A	×	×	344 ×	284 ×	5 ×	×	1.51 ×	×	90	○	○	○	×
	71	44	A	×	×	362 ○	308 ○	14 ○	○	1.59 ○	○	180	○	○	○	×
	72	45	A	×	×	343 ×	286 ×	5 ×	×	1.50 ×	×	88	○	○	○	×
	73	46	A	×	×	359 ○	309 ○	15 ○	○	1.58 ○	○	174	○	○	○	×
	74	47	A	×	×	344 ×	284 ×	5 ×	×	1.51 ×	×	80	○	○	○	×
	75	48	A	×	×	358 ○	311 ○	13 ○	○	1.57 ○	○	156	○	○	○	×
	76	49	A	×	×	343 ×	275 ×	5 ×	×	1.50 ×	×	76	○	○	○	×

【0037】

【表11】

種別	試料 No	合金 No	素線 製造 方法	加工性評価		ねじの引張試験				ねじり試験		ミクロ組織試験		腐食試験		総合 評価				
				ヘッダー 加工	ねじ 転造	引張強さ N/mm ²	耐力 N/mm ²	伸び %	特性 評価	ねじり強 さ N/mm ²	特性 評価	結晶粒 径μm	特性 評価	外観 状態	特性 評価					
従来例	77	50	A	×	×	328	×	256	×	8	○	×	1.44	×	×	335	×	○	○	×
	78	51	A	×	×	278	×	245	×	6	○	×	1.22	×	×	317	×	○	○	×
	79	52	A	×	×	325	×	225	×	8	○	×	1.43	×	×	330	×	○	○	×
	80	53	A	×	×	435	○	295	×	9	○	○	1.91	○	○	325	×	×	×	×
	81	54	A	×	×	465	○	384	○	8	○	○	2.04	○	○	374	×	×	×	×
	82	50	B	×	×	260	×	203	×	7	○	×	1.14	×	×	442	×	○	○	×
	83	51	B	×	×	220	×	165	×	7	○	×	0.97	×	×	421	×	○	○	×
	84	52	B	×	×	258	×	178	×	7	○	×	1.13	×	×	412	×	○	○	×
	85	53	B	×	×	247	×	235	×	8	○	×	1.08	×	×	434	×	×	×	×
	86	54	B	×	×	368	○	305	○	7	○	○	1.61	○	○	448	×	×	×	×

【0038】表5～11より明らかなように、本発明例のNo.1～54(表5～8)はいずれも、加工性、ねじの引張試験、ねじり試験、ミクロ組織、腐食試験において良好な特性を示し、総合的に、従来例のNo.77～86(表11)より優れるものであった。また製造工程(表4)については、ねじの引張試験、ねじり試験、ミクロ組織に関し、Aの方がBより良好な特性を示した。これに対し、比較例のNo.55～76(表9、10)は、合金組成が本発明組成外のため、いずれかの特性が不良となり、総合評価に劣るものとなった。

【0039】(実施例2)表2のNo.1～27に示す本発明組成のアルミニウム合金を半連続铸造法で219mmφのピレットに铸造し、得られた铸塊を長さ300mmに切断し、これを540℃で4時間均質化処理し、次いで470℃で熱間押出して10mmφの線材とし、この線材を表9に示す製造工程Cにより7.1mmφの素線に加工した。次にこの素線21を切断機2で所定長さに切断し(図7イ)、これを丸頭→6角頭の2段階でヘッダー加工して頭部24を形成し(図7ロ、ハ)、ねじ転造加工機によりねじ部26を形成し(図7ニ)、次いで540℃で1時間加熱後水焼入れしたのち、180℃で8時間人工時効硬化処理を行ってM8ボルト27を製造した。M8ボルト27の寸法を図8に示す。なお、加工性

の悪いものは、頭部形成時に、頭部の付け根や十字溝部に割れが発生し、転造加工時に、ねじ部に割れが発生した。

【0040】(比較例2)表3のNo.28～49に示す本発明組成以外のアルミニウム合金を半連続铸造法で219mmφのピレットに铸造し、得られた铸塊を長さ300mmに切断し、これを540℃で4時間均質化処理し、次いで470℃で熱間押出して10mmφの線材とし、この線材を表9に示す製造工程Dにより7.1mmφの素線とし、この素線を実施例2と同じように加工してM8のボルトを製造した。

【0041】(従来例2)表3のNo.50～54に示す従来合金(A6061、A5052、A5056、A2024、A7N01)を半連続铸造法で219mmφのピレットに铸造し、得られた铸塊を比較例2と同じように加工してM8のボルトを製造した。

【0042】得られた各々のねじについて、ねじ加工性(ヘッダー加工性、ねじ転造性)を調べた。またねじの引張試験、長手方向の断面のミクロ組織観察、腐食試験を実施例1と同じ方法により行った。結果を表10～15に示す。

【0043】

【表12】

種別	試料 No	合金 No	素線 製造 方法	加工性評価		ねじの引張試験				ミクロ組織試験		腐食試験		総合 評価
				ヘッジ 加工	ねじ 転造	引張強さ N/mm ²	耐力 N/mm ²	伸び %	特性 評価	結晶粒径 μm	特性 評価	外観状態	特性 評価	
本発明例	87	1	C	○	○	355 ○	305 ○	15 ○	○	110	○	○	○	○
	88	2	C	○	○	368 ○	311 ○	14 ○	○	96	○	○	○	○
	89	3	C	○	○	411 ○	352 ○	9 ○	○	86	○	○	○	○
	90	4	C	○	○	357 ○	301 ○	17 ○	○	101	○	○	○	○
	91	5	C	○	○	405 ○	351 ○	10 ○	○	91	○	○	○	○
	92	6	C	○	○	355 ○	303 ○	18 ○	○	106	○	○	○	○
	93	7	C	○	○	410 ○	354 ○	11 ○	○	88	○	○	○	○
	94	8	C	○	○	362 ○	311 ○	17 ○	○	116	○	○	○	○
	95	9	C	○	○	372 ○	320 ○	14 ○	○	96	○	○	○	○
	96	10	C	○	○	359 ○	310 ○	17 ○	○	109	○	○	○	○
	97	11	C	○	○	366 ○	316 ○	16 ○	○	104	○	○	○	○
	98	12	C	○	○	354 ○	306 ○	16 ○	○	144	○	○	○	○
	99	13	C	○	○	371 ○	317 ○	19 ○	○	103	○	○	○	○
	100	14	C	○	○	356 ○	307 ○	18 ○	○	153	○	○	○	○

【0044】

* * 【表13】

種別	試料 No	合金 No	素線 製造 方法	加工性評価		ねじの引張試験				ミクロ組織試験		腐食試験		総合 評価
				ヘッジ 加工	ねじ 転造	引張強さ N/mm ²	耐力 N/mm ²	伸び %	特性 評価	結晶粒径 μm	特性 評価	外観状態	特性 評価	
本発明例	101	15	C	○	○	405 ○	348 ○	12 ○	○	126	○	○	○	○
	102	16	C	○	○	379 ○	322 ○	15 ○	○	151	○	○	○	○
	103	17	C	○	○	390 ○	336 ○	16 ○	○	124	○	○	○	○
	104	18	C	○	○	401 ○	344 ○	13 ○	○	96	○	○	○	○
	105	19	C	○	○	381 ○	321 ○	15 ○	○	133	○	○	○	○
	106	20	C	○	○	391 ○	335 ○	13 ○	○	116	○	○	○	○
	107	21	C	○	○	401 ○	343 ○	12 ○	○	96	○	○	○	○
	108	22	C	○	○	376 ○	321 ○	15 ○	○	131	○	○	○	○
	109	23	C	○	○	388 ○	331 ○	14 ○	○	128	○	○	○	○
	110	24	C	○	○	398 ○	337 ○	15 ○	○	90	○	○	○	○
	111	25	C	○	○	376 ○	321 ○	17 ○	○	137	○	○	○	○
	112	26	C	○	○	381 ○	330 ○	14 ○	○	98	○	○	○	○
	113	27	C	○	○	391 ○	338 ○	12 ○	○	78	○	○	○	○

【0045】

【表14】

種別	試料 No	合金 No	系線 製造 方法	加工性評価		ねじの引張試験				ミクロ組織試験		腐食試験		総合 評価		
				ヘッジ 加工	ねじ 転造	引張強さ N/mm ²	耐力 N/mm ²	伸び %	特性 評価	結晶粒径 μm	特性 評価	外観状態	特性 評価			
本発明例	114	1	D	○	○	351	○	301	○	15	○	○	186	○	○	○
	115	2	D	○	○	359	○	308	○	16	○	○	146	○	○	○
	116	3	D	○	○	405	○	351	○	13	○	○	128	○	○	○
	117	4	D	○	○	351	○	301	○	15	○	○	196	○	○	○
	118	5	D	○	○	402	○	342	○	12	○	○	148	○	○	○
	119	6	D	○	○	350	○	300	○	16	○	○	194	○	○	○
	120	7	D	○	○	401	○	350	○	11	○	○	130	○	○	○
	121	8	D	○	○	348	○	303	○	14	○	○	196	○	○	○
	122	9	D	○	○	370	○	315	○	16	○	○	140	○	○	○
	123	10	D	○	○	355	○	305	○	15	○	○	184	○	○	○
	124	11	D	○	○	355	○	314	○	15	○	○	124	○	○	○
	125	12	D	○	○	350	○	302	○	16	○	○	162	○	○	○
	126	13	D	○	○	364	○	314	○	15	○	○	108	○	○	○
	127	14	D	○	○	351	○	301	○	16	○	○	196	○	○	○

【0046】

* * 【表15】

種別	試料 No	合金 No	系線 製造 方法	加工性評価		ねじの引張試験				ミクロ組織試験		腐食試験		総合 評価		
				ヘッジ 加工	ねじ 転造	引張強さ N/mm ²	耐力 N/mm ²	伸び %	特性 評価	結晶粒径 μm	特性 評価	外観状態	特性 評価			
本発明例	128	15	D	○	○	391	○	338	○	17	○	○	140	○	○	○
	129	16	D	○	○	376	○	322	○	17	○	○	160	○	○	○
	130	17	D	○	○	390	○	333	○	16	○	○	132	○	○	○
	131	18	D	○	○	401	○	340	○	12	○	○	118	○	○	○
	132	19	D	○	○	381	○	320	○	14	○	○	142	○	○	○
	133	20	D	○	○	391	○	333	○	14	○	○	131	○	○	○
	134	21	D	○	○	396	○	340	○	11	○	○	121	○	○	○
	135	22	D	○	○	376	○	321	○	14	○	○	136	○	○	○
	136	23	D	○	○	380	○	330	○	15	○	○	128	○	○	○
	137	24	D	○	○	397	○	336	○	13	○	○	104	○	○	○
	138	25	D	○	○	376	○	319	○	15	○	○	142	○	○	○
	139	26	D	○	○	379	○	328	○	16	○	○	118	○	○	○
	140	27	D	○	○	386	○	336	○	11	○	○	104	○	○	○

【0047】

【表16】

種別	試料 No	合金 No	素線 製造 方法	加工性評価		ねじの引張試験				マイクロ組織試験		腐食試験		総合 評価
				ヘッジ 加工	ねじ 転造	引張強さ N/mm ²	耐力 N/mm ²	伸び %	特性 評価	結晶粒径 μm	特性 評価	外観状態	特性 評価	
比較例	141	28	C	○	○	219 ×	192 ×	18 ○	×	308	×	○	○	×
	142	29	C	○	○	338 ×	288 ×	10 ○	×	144	○	○	○	×
	143	30	C	○	○	240 ×	212 ×	15 ○	×	260	×	○	○	×
	144	31	C	○	○	344 ×	291 ×	10 ○	×	192	○	×	×	×
	145	32	C	○	○	305 ×	268 ×	14 ○	×	249	×	×	×	×
	146	33	C	×	×	328 ×	282 ×	10 ○	×	182	○	○	○	×
	147	34	C	×	×	330 ×	289 ×	11 ○	×	248	×	○	○	×
	148	35	C	×	×	339 ×	284 ×	12 ○	×	162	○	○	○	×
	149	36	C	×	×	337 ×	291 ×	14 ○	×	381	×	○	○	×
	150	37	C	×	×	327 ×	281 ×	10 ○	×	116	○	○	○	×
	151	38	C	×	×	341 ×	291 ×	11 ○	×	262	×	○	○	×
	152	39	C	×	×	330 ×	289 ×	13 ○	×	150	○	○	○	×

【0048】

20【表17】

種別	試料 No	合金 No	素線 製造 方法	加工性評価		ねじの引張試験				マイクロ組織試験		腐食試験		総合 評価
				ヘッジ 加工	ねじ 転造	引張強さ N/mm ²	耐力 N/mm ²	伸び %	特性 評価	結晶粒径 μm	特性 評価	外観状態	特性 評価	
比較例	153	40	C	×	×	341 ×	288 ×	10 ○	×	247	○	○	○	×
	154	41	C	×	×	331 ×	281 ×	11 ○	×	118	○	○	○	×
	155	42	C	×	×	348 ×	303 ○	16 ○	×	186	○	○	○	×
	156	43	C	×	×	340 ×	278 ×	9 ○	×	110	○	○	○	×
	157	44	C	×	×	357 ○	302 ○	16 ○	○	196	○	○	○	×
	158	45	C	×	×	338 ×	281 ×	11 ○	×	102	○	○	○	×
	159	46	C	×	×	352 ○	302 ○	18 ○	○	194	○	○	○	×
	160	47	C	×	×	338 ×	278 ×	12 ○	×	102	○	○	○	×
	161	48	C	×	×	352 ○	305 ○	17 ○	○	170	○	○	○	×
	162	49	C	×	×	340 ×	271 ×	10 ○	×	90	○	○	○	×

【0049】

※ ※【表18】

種別	試料 No	合金 No	素線 製造 方法	加工性評価		ねじの引張試験				マイクロ組織試験		腐食試験		総合 評価
				ヘッジ 加工	ねじ 転造	引張強さ N/mm ²	耐力 N/mm ²	伸び %	特性 評価	結晶粒径 μm	特性 評価	外観状態	特性 評価	
従来例	163	50	D	×	×	252 ×	196 ×	18 ○	×	455	×	○	○	×
	164	51	D	×	×	216 ×	162 ×	12 ○	×	432	×	○	○	×
	165	52	D	×	×	256 ×	173 ×	13 ○	×	425	×	○	○	×
	166	53	D	×	×	245 ×	231 ×	16 ○	×	449	×	×	×	×
	167	54	D	×	×	366 ○	301 ○	14 ○	○	462	×	×	×	×

【0050】表12～18より明らかなように、本発明 50 例の No.87～140(表12～15) はいずれも加工性、ねじの

引張試験、ミクロ組織、腐食試験において良好な特性を示し、総合的に従来例のNo.163~167(表18)より優れるものであった。また製造工程(表9)については、ねじの引張試験、ねじり試験、ミクロ組織に関し、Cの方がDより良好な特性を示した。これに対し、比較例のNo.141~162(表16~17)は、合金組成が本発明組成外のため、いずれかの特性が不良となり、総合評価に劣るものとなった。

【0051】以上、アルミニウム合金製ねじ(ボルトを含む)について説明したが、本発明は、ナット類に適用しても同様の効果が得られ、本発明のねじ(ボルトを含む)と組み合わせて用いることにより、より大きい効果が得られる。

【0052】

【発明の効果】以上に述べたように、本発明の高強度アルミニウム合金製ねじ(ボルトを含む)は、引張強さが 350N/mm^2 以上、耐力が 300N/mm^2 以上、伸びが6%以上、ねじり強さがJIS-B-1057-1989のAL3(A6061-T6)の10%以上、長手方法の平均結晶粒長さが $200\mu\text{m}$ 以下のもので、アルミニウム合金製構造物を接合するためのねじ・ボルトとして十分な引張特性、ねじり強さ、および耐力・腐食割れ性を有し、安定した高い継手強度が得られる。またヘッダー加工性、ねじ転造加工性にも優れ加工が容易である。また本発明のねじは6000系合金なので、例えば、サッシ、自動車などの6000系合金製構造物の接合に用いたとき、スクラップの再溶解で純度の低下が少なく、リサイクル性に優れるものである。さらに、本発明のねじは、製造条件を一部規定した通常の製造方法により容易に製造することができる。依って、工業上顕著な効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】(イ)~(ニ)は、M4ねじの成形加工説明図である。

【図2】M4のねじの寸法説明図である。

*

*【図3】ねじの引張試験の模式図である。

【図4】ねじり試験機の斜視図である。

【図5】(イ)は結晶粒長さ測定用試験片、(ロ)は結晶粒長さの測定方法の説明図である。

【図6】腐食試験方法の説明図である。

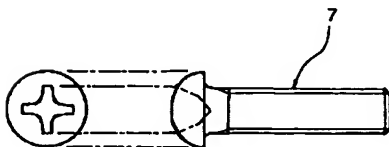
【図7】(イ)~(ニ)は、M8ボルトの成形加工説明図である。

【図8】M8ボルトの寸法説明図である。

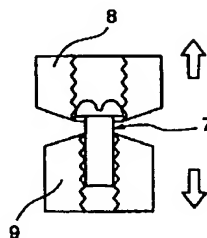
【符号の説明】

- | | |
|----|----------------|
| 1 | M4ねじ用索線 |
| 2 | 切断機 |
| 3 | ヘッダー加工機 |
| 4 | M4ねじの頭部 |
| 5 | ねじ転造加工機 |
| 6 | M4ねじのねじ部 |
| 7 | M4ねじ |
| 8 | 上チャック |
| 9 | 下チャック |
| 10 | 固定治具 |
| 11 | ハンドル |
| 12 | トルクメーター |
| 13 | ブラスドライバ |
| 14 | M4ねじの結晶粒長さ測定箇所 |
| 15 | 結晶粒の長さ |
| 16 | ナット |
| 17 | A6063合金板 |
| 18 | ステンレス製の槽 |
| 19 | 食塩水 |
| 20 | ベークライト台 |
| 21 | M8ボルト用索線 |
| 24 | M8ボルトの頭部 |
| 26 | M8ボルトのねじ部 |
| 27 | M8ボルト |

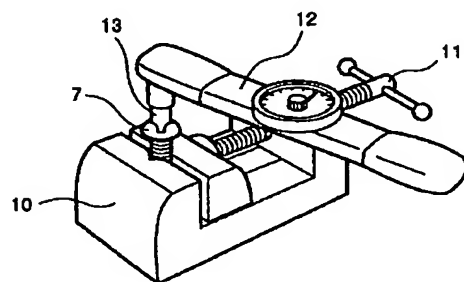
【図2】



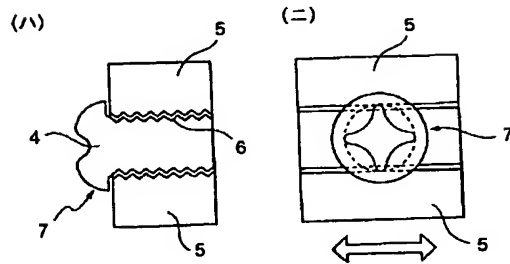
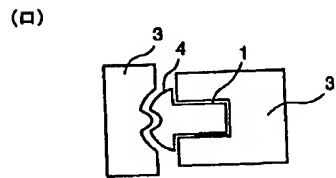
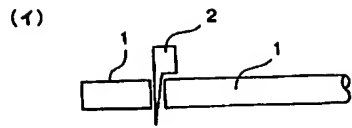
【図3】



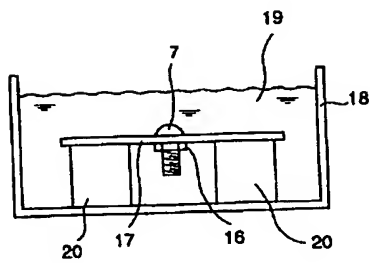
【図4】



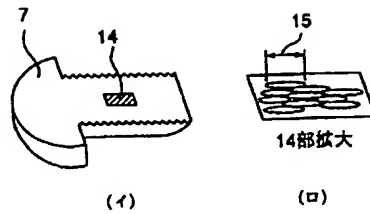
【図1】



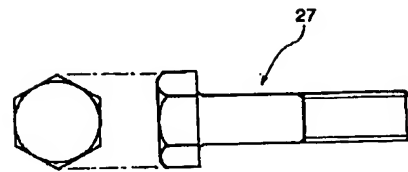
【図6】



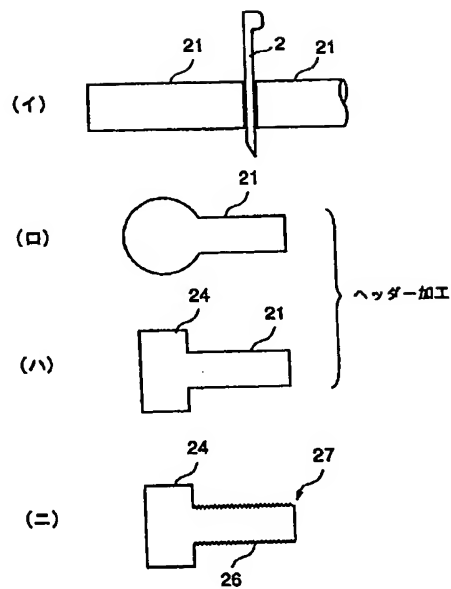
【図5】



【図8】



【図7】



(19)

特開平11-172359

フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶

C 2 2 F 1/00

識別記号

6 3 0

6 3 1

6 8 5

6 9 4

F I

C 2 2 F 1/00

6 3 0 A

6 3 1 A

6 8 5 Z

6 9 4 A

BLANK PAGE